BUKU TEKNIS

SARANA DAN PRASARANA

ELEKTRIFIKASI DESA

BUKU TEKNIS
MEMBANGUN SARANA DAN PRASARANA ELEKTRIFIKASI DESA

Pengarah
Direktur Jenderal Pembangunan dan Pemberdayaan Masyarakat Desa
Ahmad Erani Yustika

Penanggung Jawab
Direktur Pembangunan Sarana dan Prasarana Desa
Dr. Gunalan, Ap, M.Si

Cetakan Pertama, Juni 2016
Didukung oleh :

KATA PENGANTAR

Dampak pembangunan sentralistis selama delapan dekade terakhir masih meninggalkan kesenjangan di segala bidang yang sebagian besar berada di wilayah desa dan perbatasan. Indeks Desa Membangun (IDM) yang diluncurkan oleh Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi pada 19 Oktober 2015 menunjukkan fakta bahwa masih terdapat 18,25 persen Desa Sangat Tertinggal dan 45,57 persen Desa Tertinggal.

Faktor ketertinggalan desa dapat ditengarai dengan masih minimnya ketersediaan sarana dan prasarana, sedikitnya peluang kerja di luar sektor pertanian, dan hasil pembangunan yang tidak bermanfaat langsung kepada masyarakat miskin serta kelompok marginal di desa. Oleh karena itu, pemerintah bertanggung jawab secara penuh untuk memastikan penyediaan sarana dan prasarana pendukung pelayanan dasar di desa dan penunjang ekonomi.

Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi Republik Indonesia telah menginventarisasi kebutuhan sarana dan prasarana desa yang diolah berdasarkan data Potensi Desa (PODES) tahun 2014 sebagaimana telah dirilis oleh Badan Pusat Statistik. Dari data tersebut terlihat bahwa jumlah desa yang membutuhkan sarana dan prasarana masih tinggi, yaitu meliputi internet berjumlah 25.758 desa (35 persen), air bersih 4.187 desa (6 persen), listrik 24.989 desa (34 persen), pasar 61.264 desa (84 persen), dan jalan usaha tani 30.305 desa (42 persen).

Pemerintah telah mendelegasikan kewenangan untuk mengatur dan mengurus pembangunan secara langsung kepada desa. Hal itu bermakna bahwa desa juga harus melaksanakan pembangunan sarana dan prasarana secara partisipatif dan mandiri dalam rangka memenuhi kebutuhan masyarakat dengan tetap memperhatikan aspek pemberdayaan berbasis potensi, sumber daya, dan kearifan lokal.

Pembangunan sarana dan prasarana desa membutuhkan daya dukung yang memadai, khususnya pada aspek teknis. Namun, kerangka teknis bagi masyarakat dan pelaksana kegiatan di desa tidak boleh disajikan secara rumit yang pada akhirnya tidak bisa dilaksanakan secara swakelola. Saat ini mereka lebih membutuhkan panduan teknis yang praktis dan mudah dijalankan, meskipun masih terdapat berbagai keterbatasan kapasitas dan sumber daya.

Kerangka kebijakan pembangunan sarana dan prasarana desa harus menghargai pengetahuan lokal, sumber daya lokal, dan keterampilan lokal yang ada di desa. Pemerintah harus memahami secara utuh bahwa masyarakat desa merupakan pihak utama yang lebih tahu apa yang mereka butuhkan, sehingga tidak diperbolehkan ada intervensi secara berlebihan. Pada hakikatnya masyarakat hanya bergantung pada sumber daya mereka sendiri daripada bergantung pada sumber daya yang datang atau didatangkan dari luar. Oleh karena itu, pelaksanaan pembangunan di desa sedapat mungkin menggunakan tenaga kerja yang terdapat di sana.

Inisiatif penyusunan panduan sebagaimana yang dilakukan Direktorat Pembangunan Sarana dan Prasarana Desa ini, selama tetap mengedepankan semangat pemberdayaan masyarakat, akan memberikan nilai manfaat yang besar bagi desa. Aspek teknis tidak boleh mereduksi aspek pentingnya partisipasi, keswadayaan, dan pemberdayaan.

Dalam konteks yang lebih teknokratis, pembangunan sarana dan prasarana desa merupakan pengejawantahan dari Nawa Kerja Menteri Desa dan Program Unggulan Kerja Mengabdi Desa yang terdiri atas **Jaring Komunitas Wiradesa (JKWD)**, **Lumbung Ekonomi Desa (LED)**, dan **Lingkar Budaya Desa (LBD)**. Sasaran prioritas yang harus dipenuhi dari program unggulan tersebut adalah 15.000 desa yang telah ditetapkan di dalam Indeks Desa Membangun (IDM).

Buku panduan ini segera didistribusikan dan didiseminasikan kepada seluruh desa di Indonesia. Dengan demikian, seluruh desa dapat menjadikan buku ini sebagai acuan

dalam rangka melakukan percepatan pembangunan sarana dan prasarana di bidang permukiman desa, penunjang ekonomi desa, transportasi desa, telekomunikasi desa, dan elektrifikasi desa.

Jakarta, Juni 2016

Direktur Jenderal Pembangunan dan Pemberdayaan Masyarakat Desa

Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi Republik Indonesia

AHMAD ERANI YUSTIKA

DAFTAR ISI

DAFTAR FOTO

I. PENDAHULUAN

Penggunaan listrik sekarang ini tidak terbatas pada fungsi penerangan saja, tetapi juga sudah menjadi penunjang hampir seluruh sektor kehidupan manusia.

Sampai sekarang, Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan listrik untuk seluruh rakyatnya. Pertumbuhan kebutuhan akan energi listrik masih jauh di atas pertumbuhan pembangunan sarana dan prasarana kelistrikan nasional. Akibatnya, pemerintah hanya memprioritaskan pembangunan kelistrikan pada daerah-daerah tertentu (perkotaan dan kawasan industri), sementara untuk daerah-daerah pedesaan hanya menjadi prioritas kedua.

Pasokan energi listrik belum dapat menjangkau daerah-daerah pedesaan yang letaknya jauh dari jaringan listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN). Menurut data Indeks Desa Membangun, yang dirilis Kementerian Desa PDT dan Transmigrasi tahun 2015, masih ada sekitar 24.989 desa (34 persen) dari jumlah desa yang ada, membutuhkan sarana dan prasana listrik perdesaan.

Beberapa kendala dalam penyediaan listrik pedesaan antara lain:

1. Jalur distribusi PLN menuntut adanya akses jalan ke lokasi tujuan. Di sisi lain, kebanyakan pedesaan di Indonesia masih memiliki akses jalan yang sulit.
2. Penggunaan bahan bakar minyak (BBM) sebagai pembangkit listrik mengakibatkan biaya per watt mahal, sehingga sulit terjangkau oleh masyarakat desa yang masih hidup di bawah garis sejahtera.
3. Sumber energi terbarukan yang potensial di semua pedesaan juga memerlukan biaya pemasangan yang tidak murah, ditambah kurangnya pengetahuan masyarakat desa dalam mengembangkan teknologi tersebut.
4. Investor swasta tidak tertarik untuk mendanai listrik di pedesaan karena dianggap tidak menguntungkan.

5. Permasalahan teknis perluasan distribusi jaringan listrik di pedesaan juga biasanya terkendala masalah pembebasan lahan dan kepastian hukum.

Dengan pelaksanaan Undang-Undang No. 6/2014 tentang Desa, seharusnya desa sudah dapat mengatasi masalah kelistrikan ini secara bertahap. Kewenangan mengatur dan mengurus segala kebutuhan desa yang berskala lokal menjadi modal utama bagi desa untuk merencanakan pembangunan sarana dan prasarana elektrifikasi di desa. Apalagi adanya dana desa (DD) yang cukup besar akan memperkuat struktur Alokasi Dana Desa, maupun sumber pendapatan lainnya untuk membangun segala kebutuhan desa, termasuk membangun sarana dan prasarana elektrifikasi desa.

Selain itu, jika dalam satu kawasan perdesaan memiliki kebutuhan yang sama akan energi lsitrik, desa-desa tersebut dapat bekerja sama untuk membangun sarana dan prasarana elektrifikasi desa. Kerja sama ini bisa diwujudkan dengan membentuk BUMDes sebagai pengelola yang profesional.

Buku teknis ini akan membantu pemerintah dan masyarakat desa dalam memilih jenis teknologi pembangkit energi listrik yang sesuai dengan kondisi geografis masing-masing desa. Dalam menentukan pilihan teknologi pembangunan sarana dan prasarana elektrifikasi desa, harus diperhatikan:

1. Tingkat keamanan sarana dan prasarana elektrifikasi desa. Pembangkit maupun jaringan listriknya harus dirancang sedemikian rupa agar penggunaannya aman.
2. Pembangunan dan pengelolaannya dapat dilakukan oleh masyarakat sehingga keberlanjutannya terjaga.
3. Sedapat mungkin memilh teknologi yang ramah lingkungan dengan energi terbarukan agar biaya operasionalnya bisa lebih rendah.

II. MANFAAT SARANA DAN PRASARANA ELEKTRIFIKASI DESA

Manfaat sarana dan prasarana elektrifikasi bagi masyarakat desa adalah meningkatkan etos dan produktivitas kerja, yang pada gilirannya akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat desa. Secara khusus manfaat elektrifikasi desa adalah sebagai berikut.

1. Saat malam hari, listrik bisa dijadikan **sumber penerangan,** sehingga waktu belajar masyarakat lebih panjang; kegiatan ekonomi desa juga bisa dilakukan malam hari.
2. Listrik dijadikan sebagai **sumber energi**, misalnya untuk menghidupkan berbagai macam peralatan rumah tangga.
3. Listrik dapat menghidupkan **sarana hiburan**, seperti *video player*, TV, radio atau alat hiburan lainnya yang membutuhkan listrik.
4. **Penghasil panas;** banyak peralatan untuk menghasilkan panas memakai energi listrik, seperti setrika listrik, oven, dan kompor listrik.
5. **Penghasil gerak**, misalnya energi listrik yang diubah menjadi energi gerak bisa digunakan untuk menggerakkan sepeda motor, mobil, dan kipas angin. Saat mengubah energi gerak dibutuhkan arus listrik untuk menggerakkan alat-alat tersebut.

   Di bidang kedokteran seluruh peralatan sudah harus menggunakan sumber energi listrik sehingga listrik wajib ada di setiap rumah sakit. Di perkotaan, keberadaan energi listrik mungkin tidak menjadi masalah. Namun, rumah sakit atau puskesmas di daerah pedesaan terpencil mungkin sedikit sulit memperoleh daya listrik yang stabil dan memadai. Untuk itu perlu dicarikan alternatif sumber energi listrik yang memadai dan terjangkau.

   Di bidang pendidikan setingkat sekolah menengah, penggunaan komputer atau *laptop* dan beberapa alat laboratorium lainnya sudah menjadi keharusan. Peralatan-peralatan ini menggunakan sumber daya listrik untuk menghidupkannya.

Hampir di semua bidang, tidak terkecuali bidang pertanian, industri, listrik yang murah dan ramah lingkungan menjadi harapan. Bahkan, kegiatan irigasi di persawahan, misalnya untuk menggerakkan pompa, diperlukan listrik. Kegiatan industri rumah tangga juga banyak menggunakan peralatan yang memerlukan listrik.

III. PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK

Di desa yang belum mendapatkan aliran listrik, penggunaan minyak tanah atau bahan bakar lain kadang terasa lebih murah sebagai sumber energi untuk penerangan. Begitu juga dengan alat dapur yang menggunakan kayu bakar atau mesin genset dengan menggunakan bensin. Penggunaan bahan bakar minyak untuk penerangan maupun kayu bakar untuk memasak akan menimbulkan dampak lain, seperti kerusakan lingkungan, kesehatan, dan juga biaya sosial lainnya.

Penggunaan sumber energi terbarukan bisa menjadi alternatif pengadaan energi listrik di pedesaan. Energi terbarukan yang bersumber dari sinar matahari, angin, mikrohidro, atau sumber energi lainnya sangat tepat diterapkan di desa yang belum terjangkau aliran listrik PLN.

Instalasi sumber energi dari matahari (*solar cell)* bisa dilakukan masing-masing rumah tangga atau bisa dengan sistem gabungan. Penggunaan teknologi ini sudah banyak ditawarkan dan harganya bisa terjangkau masyarakat.

Bagaimana dengan daerah desa pesisir? Di samping energi listrik alternatif terbarukan dari angin, desa tipe ini juga dapat memanfaatkan sumber energi listrik dari pasang surut air laut atau gelombang air laut, meskipun dua alternatif ini teknologinya dirasa masih cukup mahal.

Daerah perkebunan kelapa sawit banyak kita jumpai di Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi. Limbah yang dihasilkan kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik biomassa. Penggunaan biomassa sebagai sumber energi listrik sudah banyak dikembangkan dan diujicobakan oleh Kementerian ESDM sebagai sumber energi terbarukan.

Ada beberapa sumber energi listrik yang bisa diterapkan di pedesaan, antara lain:

1. Sumber Energi Listrik dari Sinar Matahari
2. Sumber Energi Listrik dari Mikrohidro
3. Sumber Energi Listrik dari Turbin Angin
4. Sumber Energi Listrik dari Biogas/Biomassa
5. Sumber Energi Listrik dari Pasang Surut
6. Sumber Energi Listrik dari Arus Laut
7. Sumber Energi Listrik dari Tenaga Diesel.

IV. SUMBER ENERGI LISTRIK DARI SINAR MATAHARI

Daerah-daerah yang tidak terjangkau jaringan listrik PLN dapat memanfaatkan sinar matahari sebagai energi listrik. Sinar matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan alat yang disebut panel surya (*solar cell*).

Desa-desa yang akan menggunakan listrik dengan sumber energi dari sinar matahari harus memiliki ketersediaan sinar matahari sepanjang tahun, dengan intensitas hujan tidak tinggi. Pada umumnya desa-desa di Indonesia berada di daerah tropis sehingga matahari bersinar sepanjang tahun, cocok untuk menggunakan sumber energi listrik sinar matahari.

1. Keunggulan dan Kekurangan Menggunakan Sumber Energi Sinar Matahari

a. Keunggulan menggunakan sumber energi listrik dari sinar matahari adalah:

- Murah, memanfaatkan sinar matahari tanpa biaya.
- Praktis, tidak memakan banyak tempat, bisa ditempatkan di atap rumah.
- Merupakan energi terbarukan/tidak pernah habis.
- Bersih, ramah lingkungan.
- Umur panel surya panjang/investasi jangka panjang.
- Tidak memerlukan perawatan khusus.
- Sangat cocok untuk daerah tropis seperti Indonesia.

b. Kekurangan menggunakan sumber energi listrik dari sinar matahari:

- Ketergantungan terhadap sinar matahari, tetapi untuk hal ini diatasi dengan kekuatan penyimpanan aki/baterai.
- Biaya investasi awal cukup mahal.

2. Perencanaan Instalasi Sumber Energi Sinar Matahari

Untuk merencanakan penggunaan sumber energi listrik dari sinar matahari ada beberapa langkah yang harus diperhatikan, antara lain:

Menghitung jumlah beban (untuk satu rumah tangga) kebutuhan listrik adalah 250 kwh. Jika lampu dan peralatan lain menyala dalam 12 jam maka jumlah beban diperlukan dalam sehari adalah 12 jam x 250 kwh = 3.000 watt. Jumlah total 3.000 watt perlu ditambahkan sekitar 20%, adalah listrik yang digunakan oleh perangkat selain panel surya: 20% x 3.000 watt = 3.600 watt.

Jumlah baterai yang dibutuhkan: dari 3.600 watt jika tiap baterai 12 V 65 Ah maka kebutuhan baterai adalah 12 x 65 x 5 = 3.900 watt, jadi diperlukan 5 baterai.

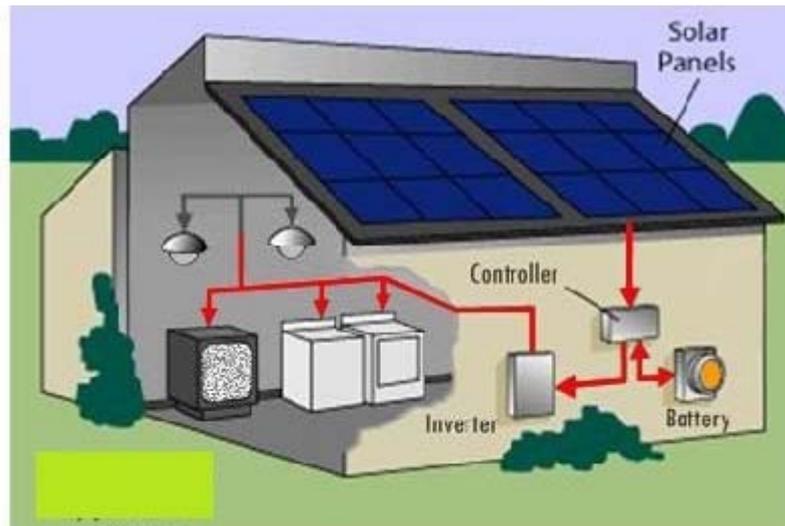
Komponen utama Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sel surya, alat yang dapat mengubah cahaya menjadi listrik.

Solar Cell

Pekerja Memasang Solar Cell

Instalasi pembangkit listrik tenaga sinar matahari terdiri atas empat komponen. Selain komponen utama di atas, tiga komponen yang lain adalah:

- Solar Regulator
- Baterai DC Storage
- Inventer DC to AC.

3. Pemasangan Instalasi Sumber Energi Sinar Matahari

Instalasi Solar Cell

Instalasi Solar Cell Dalam Rumah

4. Pemeliharaan

Pada umumnya panel surya tidak membutuhkan pemeliharaan rutin. Pemeliharaan panel surya dapat dilakukan dengan cara berikut:

a. Dibersihkan berkala agar tidak mengurangi penyerapan intensitas matahari.

b. Mengatur letak panel surya supaya mendapatkan sinar matahari langsung dan tidak terhalangi objek (pohon, jemuran, bangunan, dan lain-lain).

c. Baterai dapat lebih cepat rusak jika diberi beban kerja di luar batas spesifikasinya. Baterai digunakan dan diberi muatan secara perlahan-lahan bahkan hingga periode beberapa hari bahkan satu minggu. Kondisi ini berbeda dengan cara kerja baterai yang umumnya langsung diisi segera setelah digunakan. Pemakaian langsung dapat menyebabkan baterai pada sistem panel surya lebih cepat rusak, terlebih jika tidak menggunakan tipe baterai yang sesuai dengan karakteristik ini.

d. Berbagai kasus dalam permasalahan panel surya yang paling banyak dijumpai dikarenakan buruknya cara pemasangan serta tidak rapinya proses instalasi. Kasus yang sering dijumpai tersebut antara lain koneksi yang tidak baik, ukuran kabel yang tidak tepat, ataupun komponen yang tidak sesuai untuk aliran DC.

Selain itu, kesalahan sering terjadi pada tidak seimbangnya sistem (*balance of system*, BOS) bagian-bagian yang dipasang yaitu kontroler, inverter, serta proteksi komponen.

V. SUMBER ENERGI LISTRIK DARI MIKROHIDRO (PLTMH)

Mikrohidro atau pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggeraknya, seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air. Desa-desa yang memiliki potensi sumber daya air yang cukup, dapat mengembangkan teknologi PLTMH ini sebagai sumber energi listriknya.

1. Karakteristik desa yang dapat menggunakan sumber energi mikrohidro.

Bagi desa yang akan memasang listrik dengan sumber energi mikrohidro ada beberapa persyaratan yang harus diperhatikan:

a. Adanya sumber air dan mempunyai tinggi jatuh/beda tinggi air; untuk PLTMH idealnya tinggi jatuh adalah 10-50 meter.

b. Sumber air mempunyai debit/aliran air cukup; ketersediaan aliran air sepanjang tahun sangat penting untuk menjaga kelanjutan penyediaan listrik.

c. Jarak desa dengan pembangkit tidak terlalu jauh.

2. Keunggulan dan kekurangan menggunakan sumber energi mikrohidro.

a. Keunggulan menggunakan sumber energi listrik mikrohidro (PLTMH):

- Tidak menyebabkan polusi dan kerusakan lingkungan.
- Dapat beroperasi penuh 24 jam setiap hari karena air tidak tergantung siang atau malam.
- Lebih dari 80% komponen PLTMH telah dapat dibuat di dalam negeri oleh industri-industri kecil dan menengah yang tersebar di seluruh tanah air.
- Kondisi geografis sebagian besar wilayah Indonesia yang berbukit dan curah hujan yang memadai sepanjang tahun merupakan potensi yang luar biasa.

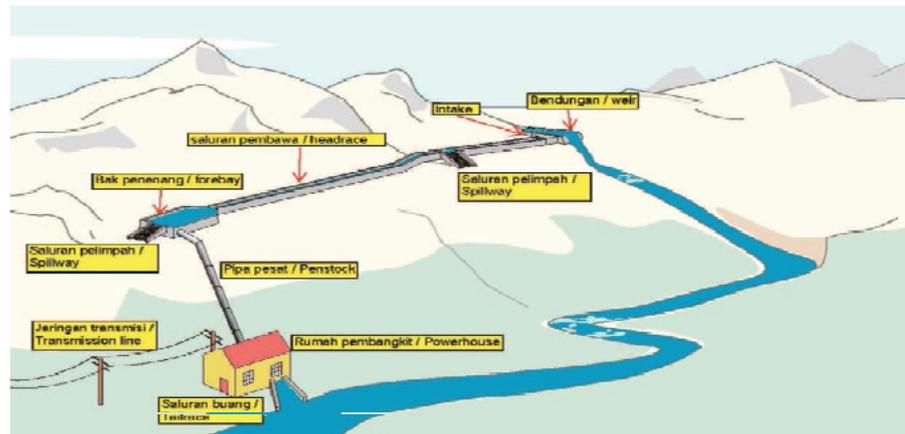
- Pengoperasian dan perawatan PLTMH sangat mudah dan murah dibandingkan dengan generator diesel atau pembangkit lainnya.

b. Kekurangan menggunakan PLTMH:

- Biaya investasi yang relatif besar untuk pembangunan PLTMH, meskipun biaya operasinya rendah.
- Memerlukan penguasaan pengetahuan khusus yang kadang tidak tersedia di masyarakat setempat.

3. Perawatan

Perawatan dan operasional PLTMH memerlukan perhatian yang sederhana, tetapi harus dilakukan secara terus-menerus. Perencanaan Instalasi Sumber Energi Mikrohidro terdiri atas **Komponen Sipil, Komponen Mekanikal Elektrikal**, Jaringan Distribusi dan Instalasi Rumah seperti terlihat pada gambar berikut ini.

Perawatan dan operasional PLTMH memerlukan perhatian yang sederhana, tetapi harus dilakukan secara terus-menerus. Perencanaan Instalasi Sumber Energi Mikrohidro terdiri atas **Komponen Sipil, Komponen Mekanikal Elektrikal**, Jaringan Distribusi dan Instalasi Rumah seperti terlihat pada gambar berikut ini.

Komponen PLTMH

4. Komponen Sipil

Komponen sipil pembangkit listrik tenaga mikrohidro terdiri atas:

a. **Bendung Pengalihan,** terletak melintang aliran sungai yang berfungsi meninggikan permukaan air sungai agar aliran air masuk melalui saluran pemasukan.

b. **Saluran Pemasukan** (*Intake*); lubang *intake* merupakan pintu masuk menuju saluran pembawa.

c. **Bak Pengendap**, merupakan saluran yang terletak sesudah pintu. Bagian dasar bak pengendap secara membujur dibuat lebih miring agar kecepatan aliran air menurun. Penurunan ini akan mengendapkan kerikil, pasir, dan sedimen sehingga tidak ikut masuk ke saluran pembawa, dan yang terpenting tidak masuk ke dalam turbin.

d. **Saluran Pembawa**, adalah saluran yang membawa air mulai dari saluran pemasukan hingga ke bak penenang. Bagian dasar saluran dibuat miring (landai) agar tidak ada air yang terjebak di dalam saluran.

e. **Saluran Pelimpah**, berfungsi untuk mencegah aliran air berlebih yang tidak terkontrol dengan cara mengembalikan kelebihan air dalam saluran ke sungai.

f. **Bak Penenang**; bak penenang ini pun merupakan bak pengendap dan penyaring terakhir sebelum air masuk ke dalam pipa pesat (*penstock*), ukurannya lebih besar.

g. **Saringan**, menyaring sampah dalam air agar tidak masuk ke dalam pipa pesat. Saringan terletak pada bagian depan *intake*, setelah bak pengendap, dan ujung depan pipa pesat di dalam bak penenang. Saringan harus diperiksa dan dibersihkan secara teratur.

h. **Pipa Pesat**, adalah pipa yang menghubungkan bak penenang dengan turbin di rumah pembangkit yang membawa air jatuh ke turbin.

i. **Rumah Pembangkit**, adalah bangunan tempat semua peralatan mekanik dan elektrik PLTMH dipasang secara aman, baik dari pengaruh cuaca buruk maupun akses masuk orang-orang yang tidak berkepentingan.

j. **Saluran Pembuang**, terpasang di bagian dasar rumah pembangkit yang berfungsi mengalirkan air kembali ke sungai setelah melalui turbin.

Instalasi PLTMH

5. Komponen Mekanikal Elektrikal

a. **Turbin**, merupakan peralatan mekanik yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik (putaran). Air yang memiliki tekanan dan kecepatan tertentu menumbuk sudu-sudu turbin dan memutar turbin sehingga berputar dengan daya yang sebanding dengan daya dari potensi air.

Turbin PLTMH

b. **Generator,** merupakan komponen yang berfungsi mengubah energi mekanik berupa putaran menjadi energi listrik. Generator diputar oleh turbin melalui kopel langsung atau melalui sabuk.

Generator

c. **Panel Listrik dan Alat Kontrol**, merupakan tempat sambungan kabel (terminal) dan peralatan pengaman listrik (MCB) serta meter listrik ditempatkan.

Panel Listrik

6. **Jaringan Distribusi dan Instalasi Rumah**

   a. **Kabel Penghantar**, digunakan untuk mengalirkan daya listrik yang dibangkitkan di generator kepada konsumen di rumah-rumah dan pusat beban lainnya.

   b. **Tiang Listrik**, digunakan untuk menyangga dan menarik kabel penghantar supaya menjaga jarak aman dari tanah dan tidak mengganggu lalu lintas manusia dan barang di bawahnya.

   c. **Instalasi Rumah**, biasanya terdiri atas tiga titik lampu dan satu stop kontak.

7. **Aspek Teknis dalam perencanaan PLTMH**

   Ada beberapa kegiatan yang wajib dilakukan pada proses perencanaan pembangunan PLTMH, antara lain:

   a. Kegiatan **Survei Awal** yang perlu diperhatikan adalah:

      1) Total panjang jaringan transmisi/distribusi masih memungkinkan/tidak terlalu jauh,

      2) Jumlah calon pemanfaat (orang, rumah, kepala keluarga) tersedia,

      3) Potensi daya listrik terbangkit mencukupi,

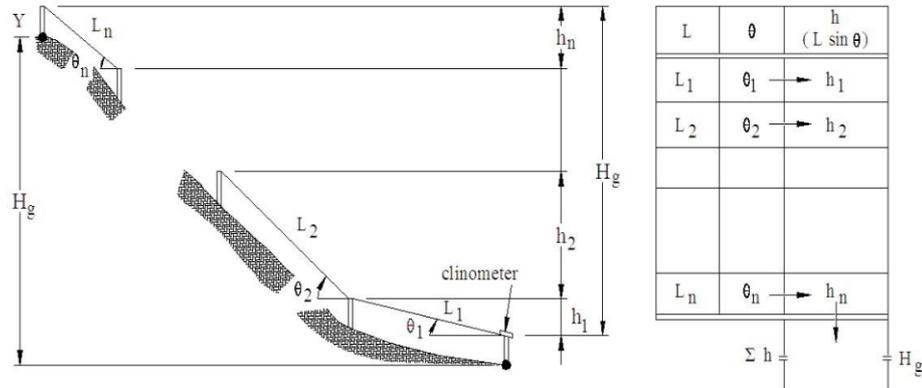
      4) Ketersediaan air sepanjang tahun,

5) Tidak menurunkan fungsi sistem keairan yang ada,
6) Lokasi pembangkit tidak berada di kawasan cagar alam atau budaya,
7) Ada potensi sumber daya manusia atau kelembagaan lokal yang dapat dikembangkan sebagai pengelola PLTMH,
8) Kejelasan status penguasaan/kepemilikan dan peruntukan lahan.

b. Kegiatan **Survei Hidrologi** meliputi:

1) Pengukuran debit minimum yang mengalir pada saluran air/sungai,
2) Pengamatan debit air pada saat banjir,
3) Tinggi terjun/beda tinggi yang tersedia.

Mengukur Debit Air pada Sungai

Untuk pengukuran tinggi jatuh, dengan menggunakan klinometer pada dasarnya pengukuran beda tinggi pada *intake* sampai ujung pipa pesat. Pengukuran tinggi jatuh berhubungan dengan perencanaan bangunan sipil.

8. Kegiatan Survei Tanah/Geologi

Kegiatan ini menghimpun informasi tentang:

a. Pergerakan permukaan yang mungkin terjadi, seperti batuan dan permukaan tanah yang dapat bergerak bila turun hujan lebat, pergerakan air dan lumpur.

b. Tipe batuan, tanah, dan pasir. Hal ini berguna untuk mendesain fondasi sipil yang cocok, dan material yang cocok dengan kondisi tersebut.

9. Kegiatan Studi Konstruksi Sipil

Studi ini dimaksudkan untuk meyakinkan berbagai pihak bahwa secara konstruksi sipil program pembangunan mikrohidro yang akan dilaksanakan layak dan cocok untuk menopang terbangunnya PLTMH dan dapat berjalan dengan baik.

Rencana teknisnya sudah memenuhi pedoman dan kriteria yang berlaku, konstruksinya dapat dikerjakan/dilaksanakan, serta menyerap material dan tenaga kerja setempat.

10. Menilai Kinerja Sumber Energi

Proses ini dapat dimulai dengan penilaian terperinci terhadap perilaku atau mekanisme kerja turbin, transmisi mekanik dan generator, termasuk biaya komponen dan praktik perawatan. Sebenarnya penilaian tampak fisik turbin, generator, dan panel dapat dijadikan ukuran kualitas dari standar komponen yang dipakai dan bagaimana mekanisme perawatan yang telah dilakukan selama ini. Keandalan ini terlihat dari pengamatan di lapangan, terutama terkait dengan dokumentasi kerusakan yang terjadi dan tingkat kerusakan apakah bersifat fatal atau minor.

11. Pengelolaan/Perawatan Sumber Energi Mikrohidro

Dalam operasional PLTMH sangat perlu untuk diketahui mengenai hal-hal dasar yang terkait dengan tata cara pengoperasian, perawatan, dan perbaikan sistem secara menyeluruh. Hal ini diperlukan untuk dapat mengatasi masalah yang mungkin timbul serta perawatan sistem PLTMH secara mandiri oleh operator yang ditugaskan maupun masyarakat secara umum sebagai pengguna.

Hal-hal pokok yang perlu diperhatikan dalam operasional dan perawatan PLTMH adalah sebagai berikut.

a. Pemeliharaan dan Pemeriksaan Bangunan Sipil

1) Bendungan dan *Intake*

   a) Periksa sisi bendungan dan *intake* dari gerusan air, terutama pada musim hujan untuk menghindari kebocoran dan retaknya bendungan.

   b) Pastikan permukaan air dalam kondisi yang aman (tidak berlebihan ataupun kurang terisi).

   c) Tambahkan pelumas pada roda gigi dan ulir pintu air sebulan sekali.

   d) Gunakan kunci pengaman pada pemutar pintu air jika sedang tidak digunakan untuk mencegah orang yang iseng.

   e) Kuras bendungan 1-2 bulan sekali untuk menghindari penumpukan sedimen dan kotoran.

f) Bersihkan sampah dan kotoran yang menyumbat saringan untuk memperlancar jalan masuk air secara rutin (minimal 1 hari sekali).

g) Lakukan pengurasan *intake* untuk menghindari terjadinya penumpukan sedimen dan penyumbatan.

2) Bak Pengendap Pasir

Dalam bak pengendap terjadi perlambatan laju air sehingga partikel-partikel dengan ukuran kecil akan mengalami pengendapan di dasar kolam. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan pengurasan secara teratur, untuk menghindari pendangkalan dan penumpukan sedimen yang nantinya dapat menghambat aliran air dan merusak turbin jika sampai masuk pipa pesat.

3) Saluran Pembawa

a) Pemeriksaan akan terjadinya kebocoran sepanjang saluran pembawa.

b) Periksa kondisi tanah di sekitar saluran pembawa dari kemungkinan longsor terutama pada musim hujan.

c) Pembersihan saluran dari rumput dan tumbuhan yang menghalangi laju aliran air sepanjang saluran.

d) Lakukan penyemenan ulang jika ditemukan kebocoran dan keretakan pada badan saluran.

4) Bak Penenang

a) Periksa permukaan air dalam kondisi yang aman (tidak melebihi batas minimum dan maksimum yang diperbolehkan).

b) Pastikan tidak ada sampah dan kotoran dalam bak penenang yang dapat terbawa masuk ke dalam pipa pesat dan turbin.

c) Bersihkan saringan secara rutin.

d) Periksa akan adanya kebocoran dan keretakan pada bak penenang. Segera lakukan perbaikan jika diperlukan.

e) Bersihkan bak penenang secara berkala, terutama untuk menghindari penumpukan sedimen di dasar kolam.

5) Pipa Pesat *(Penstock)*

a) Periksa akan kemungkinan terjadinya kebocoran pada sambungan *penstock* maupun pada badan pipa.

b) Periksa baut dan sekrup pada sambungan *penstock* dan dudukan untuk menghindari kelonggaran serta pergeseran posisi.

c) Periksa kondisi tanah, pastikan tidak terjadi longsor atau pergerakan di sekitar *penstock* dan dudukannya.

d) Lakukan pengecatan pada *penstock* paling lama tiga tahun untuk menghindari kerusakan akibat perkaratan.

6) Rumah Pembangkit

a) Bersihkan lantai dan dinding dari sampah serta kotoran minimal setiap hari.

b) Bersihkan peralatan dan perlengkapan dalam *power house* seperti turbin, generator, dan panel. (Hati-hati jangan menyentuh bagian yang ada tegangan, matikan pembangkit jika perlu.)

c) Periksa tebing sekitar dan potong rumput sekitar *power house*.

d) Periksa saluran pembuangan turbin *(tailrace)*, bersihkan jika ada lumpur dan sampah.

e) Periksa atap *power house* dari kebocoran, terutama pada musim hujan; air dapat berbahaya jika membasahi panel dan peralatan listrik lainnya.

b. Pemeliharaan dan Pemeriksaan Turbin dan Kelengkapannya

Pemeliharaan turbin dan kelengkapannya meliputi:

1) Periksa mur dan baut yang ada pada turbin. Pastikan dalam keadaan kencang.
2) Berikan pelumas secara teratur (2-3 minggu sekali) pada bagian-bagian yang berputar dan ulir, terutama dan dengan spesifikasi yang dianjurkan oleh pembuat/manufaktur.
3) Cek dan bersihkan bagian dalam turbin secara berkala 3-6 bulan sekali. Pastikan tidak ada benda padat yang masuk ke dalam turbin.
4) Bersihkan bagian luar turbin dari kotoran dan air untuk mencegah karat.
5) Periksa kondisi bagian-bagian turbin apakah terjadi pemanasan berlebihan, posisi yang janggal atau suara bising yang berlebihan.
6) Periksa baut pengunci *(transmisi mekanik),* kencangkan jika terasa longgar, jaga *belt* agar tidak terkena air.
7) Kontrol tingkat ketegangan tiga bulan sekali, kencangkan atau kembalikan ke kondisi semula jika kendur; yang terlalu kendur akan menyebabkan slip dan yang terlalu kencang akan menyebabkan *bearing* generator cepat rusak.

c. Pemeliharaan dan Pemeriksaan Generator

Pemeliharaan generator dengan melakukan pemeriksaan rutin meliputi:

1) Pemeriksaan baut dan mur, pastikan dalam keadaan kencang.
2) Kontrol generator setiap hari untuk tingkat pemanasan yang berlebihan. Badan generator boleh hangat, tetapi jika telapak tangan tidak dapat diletakkan dengan santai di atas permukaan hal itu sudah di luar kewajaran.
3) Periksa akan adanya kebisingan, getaran yang berlebihan dari generator, dan bau yang tidak normal.

4) Bersihkan ventilasi dan kipas generator dari kotoran dan debu (pada saat sistem berhenti).
5) Periksa tingkat ketegangan sabuk transmisi, kencangkan jika terasa kendur dengan menggeser posisi roda gila.
6) Generator menghasilkan tegangan dan arus listrik yang berbahaya bagi keselamatan manusia. Jangan menyentuh atau mengubah hubungan listrik pada saat generator bekerja.

d. Pemeliharaan dan Pemeriksaan Kontrol Panel

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menangani dan merawat kontrol elektrik ini adalah sebagai berikut.

1) Pada saat pemeriksaan pastikan pembangkit dalam keadaan berhenti.
2) Periksa sambungan dan ikatan kabel, kencangkan bila longgar dan perbaiki/ganti jika terjadi kerusakan.
3) Bersihkan panel dari kotoran dan debu. Pastikan tidak ada air yang dapat masuk ke dalam rangkaian panel.
4) Bersihkan tangki *ballast*, pastikan air tersedia dengan cukup.
5) Kontrol kabel pentanahan apakah masih tersambung dengan baik pada kotak metal, badan generator, *penstock*, dan komponen logam lainnya.

e. Pemeliharaan dan Pemeriksaan Jaringan Transmisi dan Distribusi

Jaringan distribusi pada umumnya terdiri atas empat kabel, 1 netral dan 3 yang masing-masing mempunyai tegangan sama (jika beban seimbang). Hal-hal yang dapat dilakukan untuk memelihara jaringan distribusi adalah:

1) Pemeriksaan sepanjang jaringan dari gangguan yang diakibatkan oleh tumbuhan; seperti pohon roboh dan ranting yang menghalangi jaringan distribusi terutama jika menggunakan kabel telanjang.
2) Periksa kerusakan yang mungkin terjadi pada tiang penyangga kabel akan adanya kemungkinan roboh, keropos, dll.

3) Periksa kabel-kabel penghantar terhadap kemungkinan kendur atau putus. Ganti jika dianggap perlu dengan jenis yang sama.
4) Kontrol secara berkala sambungan ke perumahan/konsumen. Pastikan masih bagus, tidak ada pencurian daya dan instalasi ilegal.

VI. SUMBER ENERGI LISTRIK DARI TURBIN ANGIN

Karakteristik desa yang dapat menggunakan sumber energi turbin angin harus memenuhi persyaratan antara lain angin terus berembus sepanjang waktu. Biasanya desa-desa yang ada di pesisir pantai dan perbukitan memiliki potensi yang cukup untuk memutar turbin. Selain itu, ketersediaan lahan yang cukup luas untuk pemasangan beberapa turbin. Untuk kebutuhan energi listrik yang cukup besar tidak cukup hanya satu atau dua turbin. Jika dimungkinkan, pemasangan turbin dilakukan di tengah lapangan sehingga embusan angin tidak terhalang pepohonan atau gedung.

1. Keunggulan dan Kekurangan

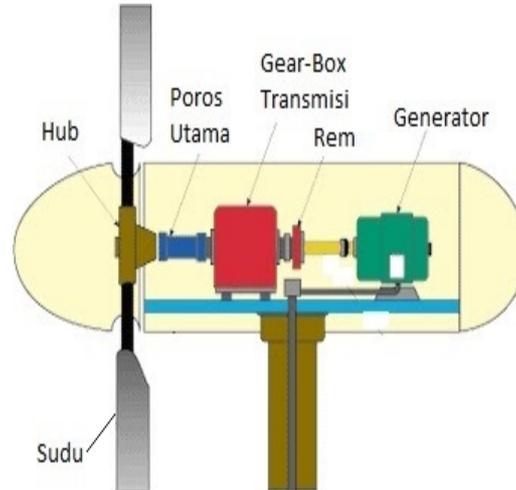
Menggunakan sumber energi turbin angin ada keunggulan dan kekurangannya.

a. Keunggulan

- Ramah lingkungan; keuntungan terpenting dari tenaga angin adalah berkurangnya tingkat emisi karbon dioksida penyebab perubahan iklim dan ramah terhadap lingkungan (tidak menimbulkan polusi).
- Pemasangan instalasi listrik turbin angin lebih mudah.
- Biaya operasional cukup murah.

b. Kekurangan

- Biaya investasi yang cukup besar.
- Hanya daerah tertentu yang bisa memanfaatkan sumber energi ini, terutama daerah tepi pantai.
- Penggunaan ladang angin sebagai pembangkit listrik membutuhkan luas lahan yang tidak sedikit dan tidak mungkin disembunyikan. Penempatan ladang angin pada lahan yang masih dapat digunakan untuk keperluan yang lain menjadi persoalan tersendiri bagi penduduk setempat. Selain mengganggu pandangan akibat pemasangan barisan pembangkit angin, penggunaan lahan untuk pembangkit angin dapat mengurangi lahan pertanian serta permukiman.

- Derau frekuensi rendah, putaran baling-baling turbin angin dengan frekuensi konstan lebih mengganggu daripada suara angin pada ranting pohon.

Komponen Kincir Angin

Kincir Angin

2. Perencanaan Instalasi Sumber Energi Turbin Angin

Komponen instalasi turbin angin terdiri atas:

a. Alat pengukur keadaan dan kekuatan angin, dan mengirim data angin ini ke alat pengontrol.

b. Bilah kipas. Kebanyakan turbin angin mempunyai 2 atau 3 bilah kipas. Angin yang berembus menyebabkan turbin tersebut berputar.

c. Rem cakram yang dapat digerakkan secara mekanis, dengan tenaga listrik atau hidrolik untuk menghentikan rotor saat keadaan darurat.

d. Alat pengontrol menyalakan turbin pada kecepatan angin kira-kira 12-25 km/jam dan mematikannya pada kecepatan 90 km/jam. Turbin tidak beroperasi di atas 90 km/jam karena angin terlalu kencang dapat merusakkannya.

e. Roda gigi, menaikkan putaran dari 30-60 rpm (putaran per jam) menjadi kira-kira 1.000-1.800 rpm, yaitu putaran yang biasanya disyaratkan untuk memutar generator listrik.
f. Generator pembangkit listrik, biasanya sekarang alternator arus bolak-balik.
g. Rumah mesin (*nacelle)* ini terletak di atas menara. Di dalamnya berisi *gear-box*, poros putaran tinggi/rendah, generator, alat pengontrol, dan alat pengereman.
h. Sudut bilah kipas. Bilah kipas bisa diatur sudutnya untuk mengatur kecepatan rotor yang dikehendaki, tergantung angin terlalu rendah atau terlalu kencang.
i. Rotor. Bilah kipas bersama porosnya dinamakan rotor.
j. Menara (*tower*). Menara bisa dibuat dari pipa baja, beton, rangka besi. Karena kencangnya angin bertambah dengan ketinggian maka makin tinggi menara makin besar tenaga yang didapat.
k. Panel arah angin adalah turbin yang menghadap angin; desain turbin lain ada yang mendapat embusan angin dari belakang.
l. Tebeng angin. Mengukur arah angin, berhubungan dengan penggerak arah yang memutar arah turbin disesuaikan dengan arah angin.
m. Penggerak arah. Penggerak arah memutar turbin ke arah angin untuk desain turbin yang menghadap angin. Desain turbin yang mendapat embusan angin dari belakang tidak memerlukan alat ini.
n. Motor penggerak arah. Motor listrik yang menggerakkan penggerak arah, untuk menyesuaikan arah angin.
o. Baterai sebagai penyimpan energi.

3. Pemasangan Instalasi

Komponen utama pembangkit listrik tenaga angin yaitu turbin angin yang di dalamnya terdapat komponen-komponen seperti ditulis di atas. Cara kerja pembangkit listrik tenaga angin ini yaitu awalnya energi angin memutar turbin angin. Turbin angin bekerja berkebalikan dengan kipas. Angin akan memutar sudut turbin lalu diteruskan untuk memutar rotor pada generator di bagian belakang turbin angin. Generator inilah yang akan menghasilkan energi listrik.

Keuntungan utama penggunaan pembangkit listrik tenaga angin adalah sifatnya yang terbarukan. Selain kelebihan yang ada, pembangkit ini juga memiliki kekurangan, antara lain membuat lebih buruk dampak visual, menyebabkan derau suara, beberapa masalah ekologi, dan keindahan. Pada akhir 2007 di Indonesia sudah mulai dikembangkan pembangkit listrik tenaga angin. Pembangkit listrik tenaga angin ditargetkan mencapai 250 megawatt (MW) pada 2025.

Pemasangan Kincir Angin

Pemasangan instalasi kincir angin harus memperhatikan hal-hal berikut.

a. Menentukan kecepatan rata-rata angin

   Agar efektif dan efisien kincir angin diletakkan pada daerah dengan kecepatan rata-rata 7-10 mil/jam, untuk menghasilkan listrik dan akan mencapai kondisi terbaik pada kecepatan 20-30 km/jam.

b. Menentukan standar keamanan gedung dan kondisi lingkungan

   Harus mengetahui jarak minimal antarturbin, serta berapa jarak turbin dengan garis properti, dan berkoordinasi dengan tetangga agar tidak terjadi kesalahpahaman tentang kebisingan yang ditimbulkan oleh turbin.

c. Memastikan kecukupan ruang horizontal dan vertikal

   Meskipun turbin tersebut tidak terdapat ketentuan yang mewajibkan banyak ruang, tetapi untuk menghindari potensi konflik dengan tetangga, paling tidak Anda memiliki lahan seluas 0,2 hektar untuk menghasilkan energi sampai 3 kilowatt ke atas atau 0,4 hektar lahan untuk menghasilkan sampai 10 kilowatt ke atas. Anda sebaiknya juga memiliki cukup ruang vertikal untuk membangun turbin tersebut cukup tinggi sehingga bangunan dan pohon tidak memblokir embusan angin.

d. Pastikan untuk membuat atau membeli turbin angin dengan bentuk mata pisau.

   Turbin angin adalah baling-baling raksasa yang serupa dengan bentuk mata pisau. Baling-baling ini harus dipasang dengan benar agar turbin tersebut bekerja dengan baik. Baling-baling tersebut harus dipasang sekitar mulai dari 20 untuk 60 persen dari total tinggi kincir angin itu sendiri.

e. Memilih sebuah generator

   Turbin angin Anda perlu dihubungkan dengan sebuah generator untuk mengalirkan listrik. Sebagian besar generator saat ini adalah menggunakan arus langsung (DC). Ini berarti menggunakannya untuk menyediakan arus listrik untuk kebutuhan rumah tangga, Anda akan membutuhkan generator penghubung dengan arus bolak-balik (AC). Anda juga dapat menggunakan

dinamo motor, tetapi mungkin tidak memiliki tenaga magnet yang kuat untuk menghasilkan medan listrik.

4. Pengelolaan/Perawatan

Pada umumnya turbin angin dirawat secara periodik untuk pemeliharaan berdasarkan jam operasi. Setelah turbin yang bersangkutan menjalani jangka waktu operasi tertentu maka harus dilakukan perbaikan, bahkan sampai adanya penggantian pada komponen-komponen turbin. Pemeliharaan ini dimaksudkan untuk meningkatkan keandalan dan keamanan.

Pemeliharaan berkala akan ditunjang oleh pemeliharaan kondisi tertentu atau pemantauan kondisi dengan cara memantau kondisi turbin secara terus-menerus dan melakukan pengamatan. Dilakukan perbaikan apabila dibutuhkan. Tiga jenis pemeliharaan periodik yang diberlakukan pada turbin, khususnya pada turbin angin:

a. Pemantauan serta pemulihan *blade turbine* (korosi, retak, erosi, dll).

b. Pemantauan serta pemulihan pada *nacelle* (evaluasi data).

c. Pemantauan serta pemulihan minyak pelumas serta bantalan (*bearing*).

d. Pemantauan serta pemulihan rotor dan komponen-komponennya.

Untuk pemeliharaan komponen lain seperti generator, intalasi jaringan transmisi dan distribusi bisa dibaca pada bagian pemeliharaan PLTMH.

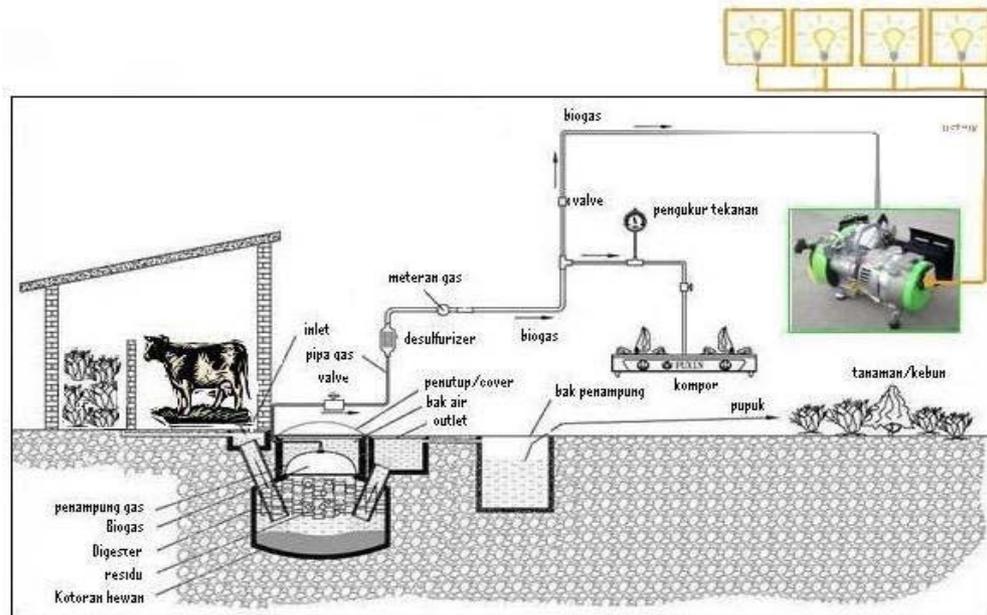
VII. SUMBER ENERGI LISTRIK DARI BIOGAS/BIOMASSA

Salah satu persyaratan desa untuk bisa memasang/menggunakan instalasi sumber energi biogas/biomassa adalah ketersediaan bahan biogas, seperti kotoran ternak, sampah, dan limbah pertanian. Desa yang akan memasang sumber energi listrik ini harus memastikan di wilayahnya cukup tersedia antara lain:

a. Sumber daya peternakan (kotoran sapi, babi, kambing, unggas),
b. Limbah seperti limbah cair sawit, limbah sagu, tanaman jarak pagar, tebu, jagung,
c. Sampah rumah tangga.

1. Keunggulan dan Kekurangan

a. Keunggulan menggunakan sumber energi biogas antara lain:
   - Sebagai energi terbarukan dan berkelanjutan.
   - Biomassa dikenal sebagai *zero CO2 emission*, dengan kata lain tidak menyebabkan akumulasi CO2 di atmosfer, sehingga ramah lingkungan.
   - Pemeliharaan dan perawatan setelah instalasi terpasang cukup murah.

b. Kekurangan menggunakan energi biogas/biomassa antara lain:
   - Pemasangan instalasi awal cukup mahal.
   - Diperlukan perawatan dan pemeriksaan rutin dengan tingkat ketelitian yang cukup tinggi pada instalasi yang sudah terpasang.
   - Memerlukan tempat yang luas dalam pengoperasiannya karena jumlah biomassa yang diperlukan dan juga tempat penyimpanannya.
   - Memerlukan boiler yang lebih besar dibanding dengan tenaga lainnya, yang tentunya juga memakan biaya yang lebih besar dalam pembuatan boiler.

Instalasi Biogas/Biomassa

2. Perencanaan Instalasi

Komponen instalasi sumber energi biogas/biomassa sebagai berikut:

a. Bak Pemasukan

Bak yang berguna sebagai penampung kotoran dan air kencing ternak (sapi) sebelum dimasukkan di dalam *digester*. Bak pemasukan ini dilengkapi dengan penyaring agar sisa rumput atau benda lain yang tidak dikehendaki masuk ke dalam *digester* dapat tersaring dan dibersihkan.

b. *Digester*

Adalah bangunan ruangan (tandon) sebagai tangki pencerna untuk memproses limbah organik misalnya kotoran sapi, air kencing dan air, sebagai tempat bakteri anaerob menguraikan limbah isian tersebut selama waktu tertentu. Proses fermentasi limbah tersebut akan menghasilkan gas bio, serta *slurry*

(sisa keluaran setelah diproses sebagai pupuk organik) yang siap pakai dengan unsur hara yang tinggi.

Gas bio adalah campuran gas yang terdiri atas bermacam-macam gas, antara lain CH_4 (metana) sebagai unsur utama, CO_2, dan gas-gas lainnya yang kandungannya sangat sedikit. Proses fermentasi limbah tersebut akan mengeluarkan sisa yang bernama *slurry. Slurry* mengandung unsur-unsur nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, dan magnesium yang sangat dibutuhkan sebagai pupuk bagi tanaman.

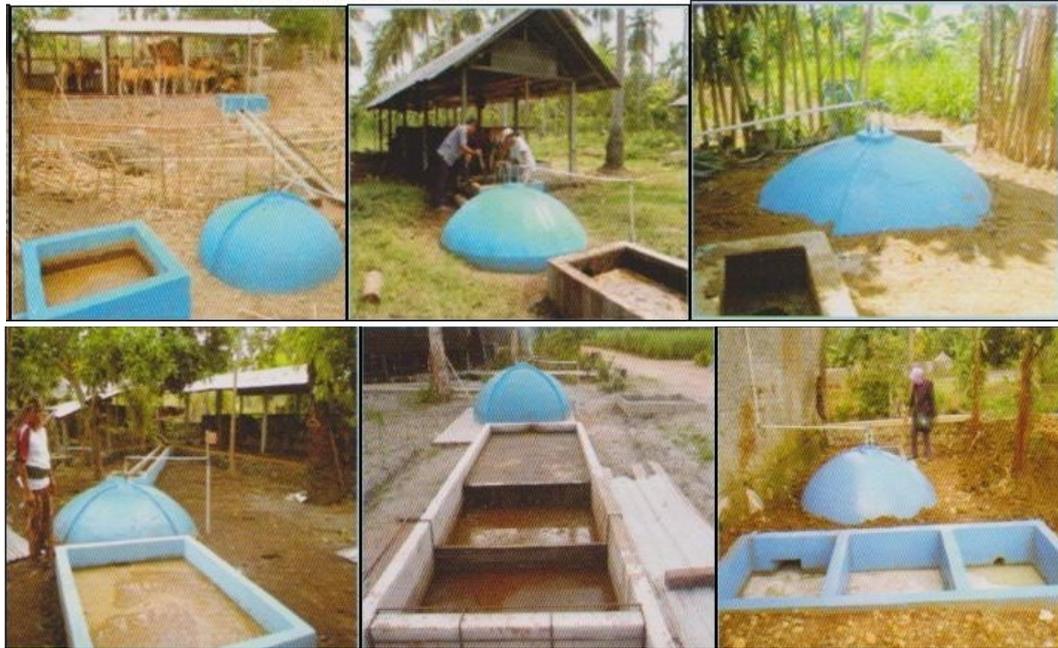
c. Bak Pengeluaran

Bak pelimpahan adalah bak sebagai tampungan limpahan *slurry* dari *digester* dan bila telah penuh menuju ke bak penampungan *slurry*.

d. Bak Penampung

Bak ini berfungsi sebagai tempat menampung *slurry* luapan dari bak pengeluaran. *Slurry* di bak penampungan digunakan untuk menyaring/memisahkan *slurry* cair untuk dikeringkan sehingga ringan pengangkutannya, mudah dikemas dalam plastik untuk dijual. Dalam keadaan basah/cair kandungan unsur haranya sangat tinggi. Penggunaan pupuk dalam keadaan basah/cair sangat dianjurkan sehingga tidak perlu melalui penyaring ini.

e. Bak pengencer *Slurry*

Bak pengencer s*lurry* ini digunakan untuk menambah kandungan oksigen yaitu secara aerasi dan bisa diencerkan dengan tambahan air sehingga bisa dimanfaatkan untuk ternak lele.

Instalasi Biogas Kotoran Ternak Sapi

3. **Sarana Pendukung Instalasi**

Sarana pendukung dalam pemanfaatan biogas terdiri atas saluran air, air, dan peralatan kerja. Sarana ini dapat mempermudah pengelolaan dan perawatan instalasi biogas. Saluran air dapat digunakan untuk mengalirkan kotoran ternak dari kandang ke reaktor biogas sehingga kotoran tidak perlu diangkut secara manual. Air digunakan untuk membersihkan kandang ternak dan juga digunakan untuk membuat komposisi padat cair kotoran ternak yang sesuai. Sementara itu, peralatan kerja digunakan untuk mempermudah pekerjaan dan meringankan perawatan instalasi biogas.

4. **Operasional dan Pemeliharaan Instalasi**

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mengoperasikan instalasi biogas/biomassa sekaligus pemeliharaannya adalah:

a. Mengisi bahan baku (bahan organik) ke dalam reaktor sesuai kapasitas pengisian setiap hari.

b. Menghindari bahan-bahan penghambat pertumbuhan bakteri (pestisida, disinfektan, air sabun atau pencuci rambut) masuk ke dalam reaktor.
c. Membersihkan peralatan (kompor, lampu, generator listrik), melakukan pemeriksaan jaringan pipa/selang gas dan bagian pengaman secara rutin dalam kurun waktu tertentu.
d. Memanfaatkan lumpur keluaran dari instalasi biogas secara teratur.

Penampungan Biogas

VIII. SUMBER ENERGI LISTRIK DARI PASANG SURUT

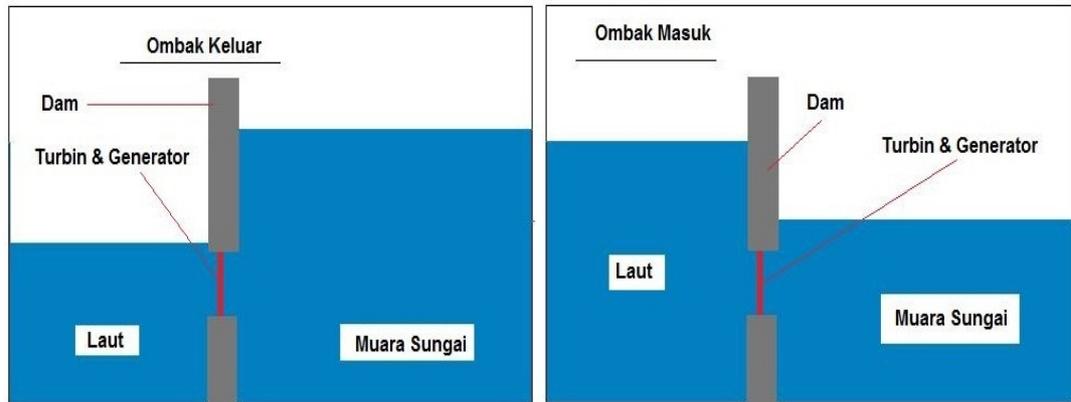
Desa yang mempunyai garis pantai dan beda pasang surut/rentang pasang surut yang bisa mencapai tiga meter hingga puluhan meter sangat cocok menggunakan sumber energi listrik ini. Indonesia mempunyai panjang pantai sangat lebar sehingga desa-desa di daerah pesisir sangat cocok menggunakan sumber energi ini.

1. Keunggulan dan Kekurangan

a. Keunggulan menggunakan sumber energi pasang surut antara lain:

- Tenaga pasang surut adalah sumber energi terbarukan yang berarti listrik tenaga pasang surut tidak akan habis selamanya.
- Tenaga pasang surut merupakan sumber energi yang sangat andal. Hal ini dapat dipahami karena kita bisa memprediksi kapan air pasang akan naik dan kemudian surut, karena pasang-surutnya air laut mudah diprediksi.
- Tidak menimbulkan efek gas rumah kaca.
- Biaya operasional murah karena tidak memerlukan bahan bakar.

b. Kelemahan menggunakan sumber energi pasang surut:

- Pemasangan instalasi awal sangat mahal.
- Sebuah dam yang menutupi muara sungai meliputi area yang sangat luas sehingga mengubah ekosistem lingkungan baik ke arah hulu maupun hilir hingga berkilo-kilometer.
- Hanya bisa dipasang di desa pantai dengan beda tinggi pasang surut yang memadai; tidak semua desa memenuhi persyaratan ini.

Skema Pemasangan Turbin Pasang Surut

2. Perencanaan Instalasi

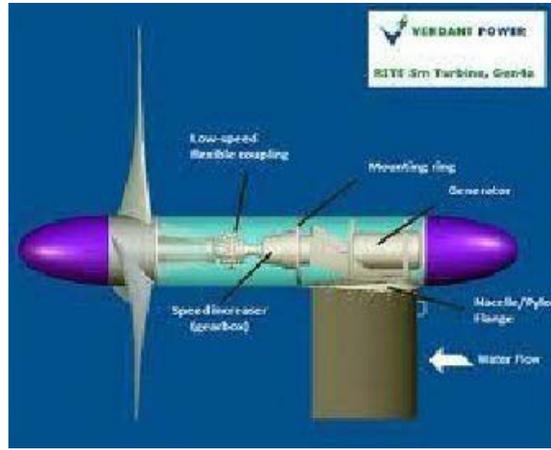
Komponen utama antara lain:

a. DAM (*Barrage tidal system*)

Teknologi pembuatan DAM (*Barrage tidal system*) untuk pembangkit listrik tenaga pasang surut merupakan teknologi paling lama digunakan. DAM ini dapat dibangun di daerah muara ataupun di antara dua pulau (pulau utama dan pulau kecil) seperti pagar.

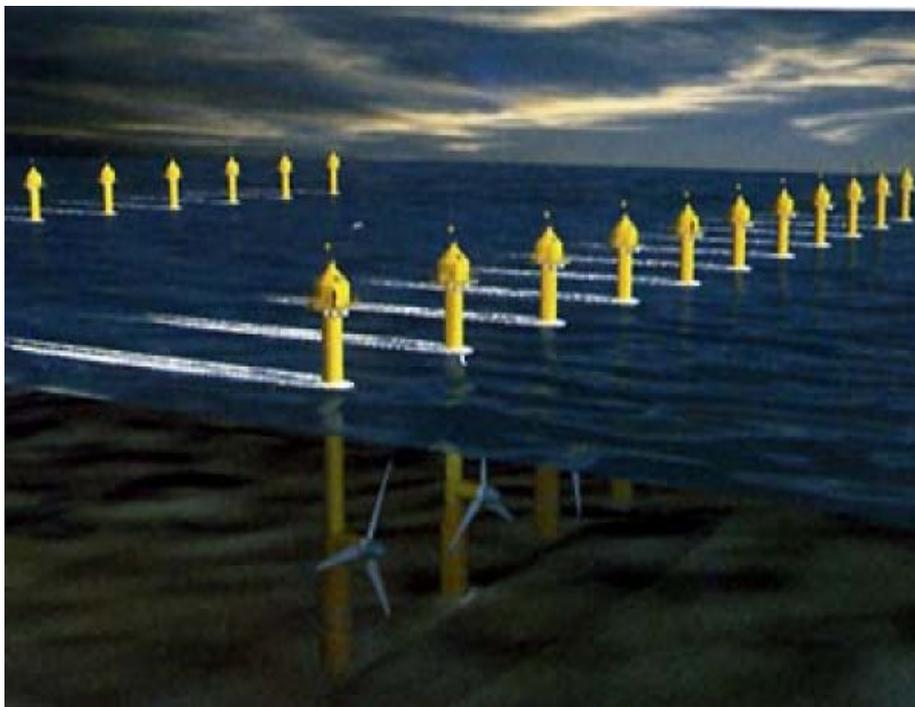
Dari proses pergerakan pasang surut air yang menggerakkan turbin di dalam DAM tersebut maka energi listrik dapat diperoleh.

b. *Free Flow Tidal Turbine* (FFTT)

Bentuk dan prinsip kerja yang sama dengan turbin angin. Teknologi ini tidak memerlukan bendungan sebagai penangkap gelombang pasang surut, melainkan langsung terpasang di laut lepas. Teknologi FFTT memanfaatkan gaya kinetik dari dorongan arus laut yang mengempasnya. Densitas air laut yang besar menjadikan dorongan arus menjadi kuat sehingga FFTT tersebut dapat menghasilkan energi listrik yang besar.

Kincir Air Pasang Surut

3. Operasional dan Pemeliharaan Instalasi

Perlindungan *katodik* adalah teknik yang digunakan untuk mengendalikan korosi pada permukaan logam dengan menjadikan permukaan logam tersebut sebagai katode dari sel elektrokimia. Perlindungan *katodik* merupakan metode yang umum digunakan untuk melindungi struktur logam dari korosi. Sistem perlindungan *katodik* ini biasanya digunakan untuk melindungi baja, jalur pipa, tangki, tiang pancang, kapal, anjungan lepas pantai, dan selubung sumur minyak di darat. Efek samping penggunaan yang tidak tepat adalah timbulnya molekul hidrogen yang dapat terserap ke dalam logam sehingga menyebabkan kegetasan hidrogen. Perlindungan *katodik* pada turbin pembangkit adalah cara yang efektif dalam mencegah retak akibat korosi.

Selain perlindungan, pemantauan terhadap sistem perlindungan ini juga diperlukan. Kurang lebih terdapat pengukuran 9.500 kali dalam setahun meliputi pengukuran arus, tegangan potensial.

Kincir Air Pasang Surut

IX. SUMBER ENERGI LISTRIK DARI ARUS LAUT

Desa-desa tertinggal yang belum berkembang di pulau-pulau kecil dan terdepan paling pas menggunakan energi listrik arus laut ini. Berdasarkan tinjauan karakteristik di lapangan, ciri-ciri umum yang ditemukan pada masyarakat desa pulau-pulau kecil dan terdepan adalah keterbelakangan teknologi dan informasi yang berujung pada rendahnya tingkat ekonomi. Oleh sebab itu, penyediaan listrik yang efisien bagi masyarakat di pulau-pulau terpencil ini adalah pemanfaatan energi dari laut setempat ketimbang membangun kabel transmisi bawah laut.

Pemasangan Turbin Arus Laut

1. Keunggulan dan Kekurangan

a. Keunggulan menggunakan sumber energi arus laut antara lain:

- Tidak menghasilkan gas rumah kaca ataupun limbah lainnya.
- Tidak membutuhkan bahan bakar sehingga biaya operasi rendah.
- Produksi listrik stabil.
- Dapat dikombinasikan dengan fungsi lainnya: menghasilkan air pendingin, produksi air minum, suplai air, ekstraksi mineral, dan produksi hidrogen secara penguraian gas secara elektrik.

b. Kekurangan menggunakan sumber energi arus laut antara lain:

- Belum ada analisis mengenai dampaknya terhadap lingkungan.
- Jika menggunakan amonia sebagai bahan yang diuapkan menimbulkan potensi bahaya kebocoran.
- Efisiensi total masih rendah sekitar 1-3%.
- Biaya pembangunan tidak murah.

2. Jenis Instalasi Sumber Energi Arus Laut

Pemasangan turbin lepas pantai yang lebih menyerupai pembangkit listrik tenaga angin versi bawah laut. Keunggulannya yaitu lebih murah biaya instalasinya, dampak lingkungan yang relatif lebih kecil daripada pembangunan dam untuk pasang surut, dan persyaratan lokasinya pun lebih mudah sehingga dapat dipasang di lebih banyak tempat.

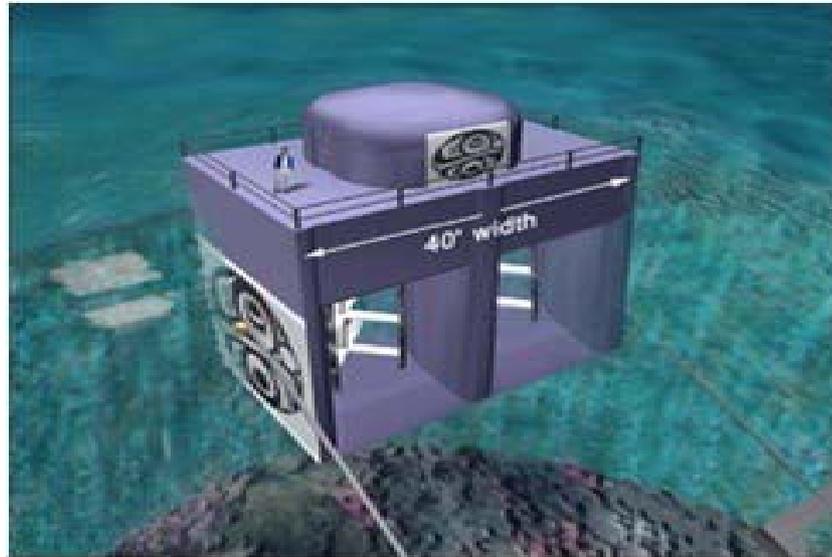
a. Teknologi *Marine Current Turbine* (MCT)

Teknologi MCT bekerja seperti pembangkit listrik tenaga angin yang dibenamkan di bawah laut. Dua buah baling dengan diameter 15-20 meter memutar rotor yang menggerakkan generator yang terhubung kepada sebuah kotak gir (*gearbox*). Kedua baling tersebut dipasangkan pada sebuah sayap yang membentang horizontal dari sebuah batang silinder yang diborkan ke dasar laut. Turbin tersebut dapat disusun dalam barisan-barisan sehingga menjadi ladang pembangkit listrik. Demi menjaga agar ikan dan makhluk

lainnya tidak terluka oleh alat ini, kecepatan rotor diatur antara 10-20 rpm (sebagai perbandingan saja, kecepatan baling-baling kapal laut bisa berkisar hingga sepuluh kalinya).

Marine Current Turbine

b. Teknologi *Davis Hydro Turbines* (DHT)

Perbedaan menonjol dari teknologi ini adalah poros baling-balingnya yang vertikal. Turbin ini juga dipasangkan di dasar laut menggunakan beton dan dapat disusun dalam satu baris bertumpuk membentuk pagar untuk mencukupi kebutuhan listrik dalam skala besar.

Davis Hydro Turbine

c. Teknologi *China Hydro Turbine*

Turbin jenis ini hampir mirip dengan turbin angin yang dipasang di dasar laut dan dipasang berderet. Kumpulan energi ini menyuplai listrik untuk keperluan listrik di desa-desa pulau-pulau terpencil.

Dikembangkan pula teknologi pembangkit tenaga gelombang laut yang disebut *wave dragon*, prinsip kerjanya mirip. Perbedaannya pada saluran air dan turbin generator diletakkan di tengah bak penampung sehingga memungkinkan pembangkit dipasang tidak di pantai.

Pembangkit-pembangkit tersebut kemudian dihubungkan dengan jaringan transmisi bawah laut ke konsumen. Hal ini menyebabkan biaya instalasi dan perawatan pembangkit ini mahal. Meskipun demikian, pembangkit ini tidak menyebabkan polusi dan tidak memerlukan biaya bahan bakar karena sumber penggeraknya energi alam yang bersifat terbarukan.

China Hydro Turbine

3. Kendala, Operasional, dan Pemeliharaan Instalasi Energi Arus Laut

Penghambat pengembangan potensi energi arus laut adalah belum adanya teknologi Indonesia untuk mengembangkan, terutama untuk potensi perairan sebagai sumber energi listrik. Selain teknologi pendukung, Indonesia harus mampu melahirkan sumber daya manusia (SDM) yang turut mendukung pengembangannya. SDM harus sejalan dengan sumber alam yang tersedia, artinya mampu mengembangkan dan memanfaatkan potensi tersebut. Jangan sampai potensi tersebut dikembangkan oleh bangsa lain.

X. SUMBER ENERGI LISTRIK DARI TENAGA DIESEL

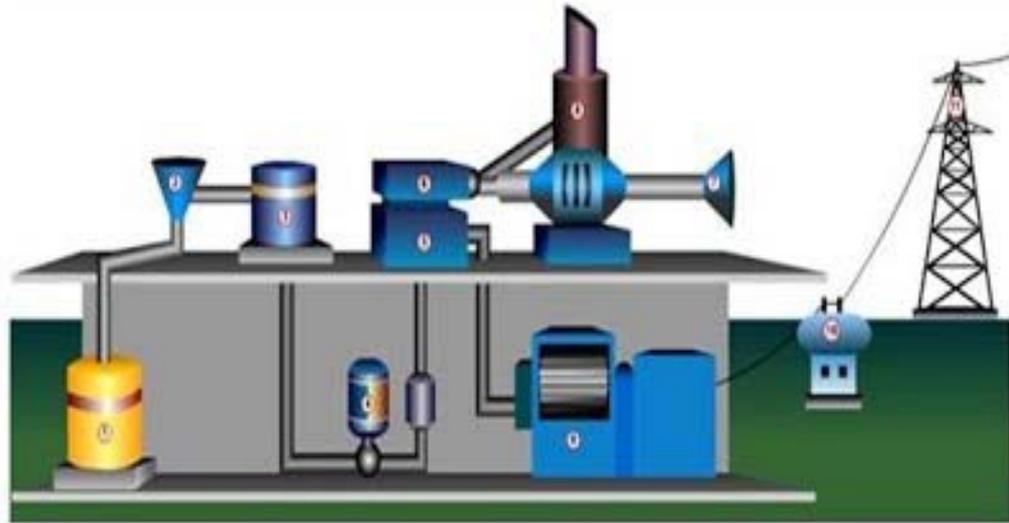
Pembangkit listrik tenaga diesel biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam jumlah beban kecil, terutama untuk daerah baru yang terpencil atau untuk listrik pedesaan dan untuk memasok kebutuhan listrik suatu pabrik.

1. Keunggulan dan Kekurangan

a. Keunggulan pemakaian mesin diesel sebagai sumber energi listrik:

- Desain dan instalasi sederhana.
- Peralatan bantu sederhana.
- Waktu pembebanan relatif singkat.

b. Kekurangan pemakaian mesin diesel sebagai energi listrik:

- Mesin sangat berat karena harus dapat menahan getaran serta kompresi yang tinggi.
- Starting awal berat, karena kompresinya tinggi yaitu sekitar 200 bar.
- Semakin besar daya maka mesin diesel tersebut dimensinya makin besar pula. Hal tersebut menyebabkan kesulitan jika daya mesinnya sangat besar.
- Konsumsi bahan bakar menggunakan bahan bakar minyak yang relatif lebih mahal dibandingkan dengan pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar jenis lainnya, seperti gas dan batu bara.

Instalasi Mesin Diesel

2. **Jenis Instalasi Sumber Energi Diesel**

Dari gambar di atas dapat kita lihat bagian-bagian dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel, yaitu

a. Tangki penyimpanan bahan bakar
b. Penyaring bahan bakar
c. Tangki penyimpanan bahan bakar sementara (bahan bakar yang disaring)
d. Pengabut
e. Mesin diesel
f. *Turbo charger*
g. Penyaring gas pembuangan
h. Tempat pembuangan gas (bahan bakar yang disaring)
i. Generator
j. Trafo
k. Saluran transmisi

3. Kendala Operasional dan Pengamanan Instalasi Energi Tenaga Diesel

Satu hal yang sangat perlu diperhatikan pada proses operasional mesin diesel adalah sistem pendingin pada minyak pelumasan mesin (sistem yang sama dipakai pada kendaraan bermotor). Sistem pendingin yang dipakai biasanya adalah sistem *heat exchanger* (alat untuk transfer panas) dan sistem radiator atau kedua sistem ini digabungkan, dipastikan pada sistem pendingin airnya.

Air pendingin terus dialirkan secara konstan melalui pipa-pipa yang kemudian dihubungkan dengan pipa minyak pelumas. Pada aplikasi tertentu, pipa air pendingin ini akan menyelimuti pipa minyak pelumas, sehingga terjadi perpindahan suhu tinggi dari minyak ke suhu rendah dari air, yang menyebabkan suhu minyak menjadi berkurang.

XI. PEMELIHARAAN

1. Pemeliharaan Rutin

Pemeliharaan rutin untuk masing-masing unit pembangkit dan peralatan pendukungnya dilaksanakan selama unit beroperasi atau *stand by* dengan interval waktu harian, mingguan, bulanan, triwulanan, yang meliputi kegiatan pemeriksaan, pembersihan/perawatan, pelumasan, penyetelan atau penggantian material.

Kegiatan pemeliharaan dilakukan masyarakat/petugas khusus sesuai jadwal yang telah dibuat berdasarkan kebutuhan instalasi. Kegiatan ini, seperti waktu pemeliharaan, jenis pemeliharaan, dan kondisi peralatan harus dicatat. Apabila dari hasil pemeliharaan rutin dijumpai ketidaksesuaian terhadap kondisi operasi normal/standar operasi/*part book* maka Bidang Pemeliharaan harus melakukan tindakan perbaikan untuk menghilangkan ketidaksesuaian tersebut; hasil dan tindakan yang dilakukan dicatat.

Selama melaksanakan kegiatan pemeliharaan, petugas harus menggunakan sarana Kesehatan Keamanan dan Keselamatan (K-3), memperhatikan keselamatan kerjanya dan memasang rambu pengaman, juga harus memperhatikan dampak lingkungan.

2. Pemeliharaan Periodik

Tim Pemelihara melakukan pekerjaan pemeliharaan periodik sesuai jadwal dan lingkup pekerjaan yang telah diatur; hasil pemeliharaan periodik harus dicatat.

Harus ditunjuk orang yang diberi tanggung jawab dan harus memastikan bahwa kegiatan pemeliharaan dilaksanakan dalam kondisi aman, terkendali, dan sesuai dengan Instruksi Kerja yang berlaku serta melakukan koordinasi evaluasi progres pekerjaan. Mencatat hasil pelaksanaan pekerjaan berikut penggunaan sumber daya dan kendala-kendala yang terjadi dalam laporan harian pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan.

Pemeliharaan Instalasi Sumber Energi Listrik

XII. KESIMPULAN

Alam di sekitar kita telah menyediakan berbagai sumber energi alternatif (energi terbarukan). Tantangannya sekarang adalah bagaimana mendapatkan teknologi penghasil energi listrik untuk masyarakat desa. Dengan kewenangan yang luas, serta dukungan dana yang memadai, desa sudah dapat mewujudkan pengadaan listrik desa berdasarkan kebutuhan dan potensi yang mereka miliki.

Pemerintah perlu menetapkan kebijakan yang mencakup standar kinerja dan memastikan penggunaan teknologi yang tepat untuk pengembangan elektrifikasi desa. Pilihan teknologi yang tepat akan membuat sarana dan prasarana elektrifikasi desa dapat terlaksana dengan mudah, efisien, dan berkesinambungan. Untuk itu perlu dukungan dari pemerintah, antara lain:

1. Mempermudah impor panel surya, dan teknologi lainnya yang diperlukan, serta infrastruktur untuk membangun sumber energi lainnya, sehingga harganya terjangkau oleh masyarakat di pedesaan.
2. Mengoptimalkan potensi sumber air untuk sumber energi listrik dengan memasang PLTMH untuk desa yang terpencil.
3. Karakteristik desa pantai atau daerah pegunungan dengan lahan yang bebas hambatan angin cocok memakai sumber energi listrik dari angin.
4. Meskipun investasi cukup mahal, sumber energi dengan memanfaatkan arus laut dan pasang surut juga bisa dipakai sebagai alternatif untuk pengadaan sumber energi listrik di desa.
5. Sumber energi listrik dengan tenaga diesel hanya untuk desa-desa yang mampu mengadakan bahan bakar dengan harga cukup terjangkau; sumber energi ini operasionalnya cukup mahal.
6. Pemerintah mendorong pihak ketiga, swasta dalam penyediaan listrik di desa, terutama untuk daerah terpencil yang tidak terjangkau pelayanan PLN.

Daftar Istilah Teknis untuk Kelistrikan Desa	
dinamo	Mesin listrik atau pembangkit tenaga listrik.
katode	Kutub positif sel primer atau baterai penyimpan.
boiler	Alat yang berfungsi untuk memanaskan air dengan menggunakan panas hasil pembakaran bahan bakar.
biogas	Gas yang terbuat dari kotoran ternak.
biomassa	Sumber energi terbarukan yang mengacu pada bahan biologis yang berasal dari organisme yang belum lama mati.
turbin	Mesin berputar yang mengambil energi dari aliran air atau angin.
baling-baling	Kitiran bilah-bilah dari kayu dan sebagainya yang dapat berkisar apabila kena angin.
mikrohidro	Pembangkitan listrik daya kecil yang digerakkan oleh tenaga air.
disinfektan	Bahan kimia (seperti lisol, kreolin) yang digunakan untuk mencegah terjadinya infeksi atau pencemaran oleh jasad renik; obat untuk membasmi kuman penyakit.
slurry	Kotoran ternak yang sudah menjadi bentuk bubur.
karbon dioksida (CO2)	Gas tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mudah terbakar yang dihasilkan pada pernapasan.
trafo (transformator)	Alat untuk mengubah tegangan listrik atau arus listrik bolak-balik.
heat exchanger	Alat yang berfungsi untuk mentransfer energi panas.
generator	Pembangkit tenaga listrik.
hidro turbin	Motor yang roda penggeraknya berporos dengan sudu (baling-baling) yang digerakkan oleh aliran air, uap, atau udara.

kincir	Alat yang mampu memanfaatkan kekuatan angin untuk diubah menjadi kekuatan mekanik/gerak.
Barrage Tidal System	Turbin yang dipasang pada dinding pasang surut.
Free Flow Tidal Turbine	Turbin yang dipasang pada arus laut bebas.
digester	Alat pengolah bahan buangan/limbah organik menjadi biogas.
anaerob	Makhluk hidup/organisme yang dapat hidup secara baik tanpa oksigen.
metana (CH4)	Gas tanpa warna dan tanpa bau, yang dapat meledak jika dicampur dengan udara, sifatnya lebih ringan dari udara.
megawatt	Satuan ukuran daya listrik 1.000.000 watt.
manufaktur	Cabang industri yang mengaplikasikan mesin, peralatan, dan tenaga kerja dan suatu medium proses untuk mengubah bahan mentah menjadi barang jadi untuk dijual.
tailrace	Saluran pembuang, untuk membuang air setelah keluar dari rumah pompa.
power house	Rumah pompa untuk meletakkan pompa/peralatan pembangkit.
turbo charger	Kompresor sentrifugal yang mendapat daya dari turbin yang sumber tenaganya berasal dari gas buang.
wave dragon	Salah satu jenis turbin air yang dipasang pada arus laut.
Kementerian ESDM	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
kinetik	Pengarus suatu gaya pada gerak benda.
densitas	Tingkat kerapatan/kepadatan suatu benda.
kegetasan	Sifat bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan.

elektrokimia	Reaksi kimia yang bersangkut paut dengan listrik.
EBT	energi baru terbarukan